



## **Chatbot educativo enfocado en las ecuaciones diferenciales**

Angela Maria Uribe Montoya

Ainara Julieth Medina Briceño

Johan Estever Pinzón López

Tutor: William López Castrillón

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Proyecto de Integración de Pregrado

Bogotá D.C. Colombia

## Tabla De Contenido

Resumen .....	5
Introducción .....	5
Objetivos .....	8
Objetivo general .....	8
Objetivos específicos.....	9
Definición del problema.....	9
Justificación.....	12
Análisis de Requerimientos.....	15
Intención del producto.....	15
Verificación de parámetros de diseño .....	16
Estimación de características de diseño .....	17
Marco teórico .....	18
Antecedentes Históricos de los chatbots .....	18
Sistemas de Tutores Inteligentes .....	18
Chatbots educativos y la inteligencia artificial.....	19
Dificultades al momento de aprender sobre Ecuaciones Diferenciales .....	19
Análisis de Restricciones .....	20
Restricciones Ambientales .....	21
Restricciones Económicas.....	22
Restricciones Legales .....	24
Restricciones de Salud y Seguridad .....	24
Restricciones Socioculturales.....	25
Metodología para la selección y desarrollo de la solución.....	26

Enfoque metodológico .....	26
Identificación de requisitos .....	26
Generación de alternativas .....	27
Alternativa 1: Plataforma con recursos interactivos .....	27
Alternativa 2: Foros moderados por docentes/tutores .....	27
Alternativa 3: Chatbot educativo basado en la IA .....	28
Selección de la solución y justificación .....	28
Etapas generales para el desarrollo de la solución .....	28
Diseño general de la arquitectura.....	28
Implementación progresiva y validación temprana .....	28
Evaluación y ajustes.....	29
Análisis de costos .....	29
Estructura general de costos .....	29
Costos directos .....	29
Mano de obra técnica: .....	29
Herramientas y licencias de software .....	30
Infraestructura tecnológica.....	31
Costos fijos .....	31
Mantenimiento del sistema y soporte técnico .....	31
Alojamiento y dominio web.....	31
Servicios administrativos y académicos: .....	32
Gastos generales u overhead .....	32
Inversión inicial y capital de trabajo .....	32
Evaluación de viabilidad económica.....	33
Plan de Implementación .....	33

Tabla de actividades y responsables.....	33
Cronograma Gantt.....	34
Conclusiones .....	34
Referencias .....	36

## Resumen

El aprendizaje de las ecuaciones diferenciales es fundamental en la formación de los estudiantes de ingeniería, ya que permite modelar fenómenos del mundo real. No obstante, muchos presentan dificultades en su comprensión y aplicación debido a las limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza y a la falta de tiempo en clase para resolver inquietudes. Frente a esta problemática, este estudio propone el desarrollo de un ChatBot educativo potenciado por inteligencia artificial, orientado a asistir a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad EAN en la resolución de dudas sobre ecuaciones diferenciales fuera del horario de clases.

El objetivo principal es construir una herramienta tecnológica que facilite la comprensión de estos conceptos mediante explicaciones detalladas y recursos interactivos. Para lograrlo, se identificarán las principales dificultades de los estudiantes, se desarrollará un ChatBot capaz de responder consultas en tiempo real y se evaluará su desempeño a través de pruebas con usuarios. La implementación de esta solución busca fortalecer el aprendizaje autónomo, disminuir barreras en los procesos de enseñanza y apoyar la formación académica de los futuros ingenieros. Además, su incorporación en el ámbito universitario fomenta la transformación digital en la educación superior, impulsando el uso de tecnologías innovadoras en la enseñanza y el aprendizaje.

**Palabras clave:** ecuaciones diferenciales, desarrollo de ChatBot, inteligencia artificial, aprendizaje autónomo, educación superior.

## Introducción

El aprendizaje de las ecuaciones diferenciales constituye uno de los mayores desafíos en la formación de los estudiantes de ingeniería. Estas herramientas matemáticas permiten modelar y

comprender fenómenos complejos en la física, la biología, la economía, la ingeniería y otras áreas del conocimiento. Su importancia es tal que se consideran un pilar fundamental para el desarrollo de competencias analíticas y de resolución de problemas en la educación superior. Sin embargo, la evidencia señala que gran parte de los estudiantes enfrentan dificultades significativas en su comprensión y aplicación. (Camacho, Guerrero, & Mejia, 2010) identifican que los estudiantes presentan obstáculos en la interpretación de soluciones, debido a la falta de metodologías que promuevan un análisis más profundo, lo que conduce a vacíos de conocimiento que se acumulan durante el proceso de aprendizaje. De igual manera, (Plaza, 2016) señala que los métodos tradicionales de enseñanza no resultan suficientes para favorecer la comprensión de modelos matemáticos basados en ecuaciones diferenciales, lo cual limita la formación integral de los futuros profesionales.

Estas dificultades no son exclusivas de una institución educativa particular, sino que constituyen un problema global en el ámbito universitario. Estudios recientes demuestran que los estudiantes de ingeniería, tanto en contextos latinoamericanos como internacionales, enfrentan tasas de reprobación elevadas en cursos relacionados con matemáticas avanzadas y, en particular, en asignaturas que incluyen ecuaciones diferenciales (SciELO México, 2024). Factores como la falta de acompañamiento personalizado, la rigidez de los enfoques pedagógicos y la escasez de recursos interactivos han sido identificados como causas recurrentes de estas dificultades. Asimismo, la carencia de tiempo en el aula impide a los docentes atender todas las dudas de los estudiantes, lo cual impacta negativamente en su rendimiento académico y en la motivación hacia las matemáticas (Camacho, Guerrero, & Mejia, 2010).

En este contexto, la integración de tecnologías emergentes en la educación se plantea como una oportunidad para transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje. La inteligencia artificial (IA), en particular, ha demostrado un enorme potencial en la personalización de experiencias educativas, en la adaptación de contenidos al ritmo de cada estudiante y en la provisión de retroalimentación inmediata (Eduotec, 2024). Estas tecnologías permiten superar las limitaciones de los métodos tradicionales y responden a la necesidad de ambientes de aprendizaje más flexibles, inclusivos y accesibles. En este sentido, los ChatBots educativos representan una alternativa eficaz, ya que ofrecen respuestas inmediatas, personalizadas y accesibles, fortaleciendo el aprendizaje autónomo y complementando la labor docente (Revista Retos de la Ciencia, 2024).

Diversos estudios refuerzan esta visión. La investigación publicada en *Scientific Reports* (Nature, 2025) evidencia que los chatbots basados en modelos de lenguaje pueden mejorar significativamente los resultados de aprendizaje al actuar como tutores virtuales que acompañan al estudiante en la resolución de problemas complejos. De manera similar, experiencias en contextos europeos y latinoamericanos reportan que las plataformas interactivas basadas en IA logran aumentar la motivación de los estudiantes y reducir las tasas de fracaso en matemáticas en educación superior (Eduotec, 2024). Estos hallazgos indican que el desarrollo de un ChatBot educativo para la enseñanza de ecuaciones diferenciales no solo atiende a una necesidad puntual de la Universidad EAN, sino que responde a una tendencia mundial que busca aprovechar las ventajas de la inteligencia artificial en la educación.

En este escenario, el presente proyecto de grado se centra en el diseño y desarrollo de un ChatBot educativo potenciado por inteligencia artificial, cuyo propósito es brindar apoyo a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en la resolución de dudas sobre ecuaciones diferenciales. Este ChatBot ofrecerá explicaciones claras, recursos interactivos y acompañamiento constante, generando un entorno de aprendizaje flexible que se adapte a las necesidades individuales de cada estudiante. A diferencia de un simple repositorio de videos o foros de discusión, el ChatBot permitirá la interacción en tiempo real y la personalización de la retroalimentación, lo que constituye un aporte diferencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

De esta manera, el proyecto no solo busca atender las dificultades específicas que surgen en la comprensión de las ecuaciones diferenciales, sino también aportar a la transformación digital de la educación superior, impulsando el uso de herramientas tecnológicas innovadoras que promuevan una formación académica más inclusiva, dinámica y acorde con las demandas del siglo XXI. La revisión literaria presentada confirma que se trata de un problema real, vigente y de amplio alcance en la educación en ingeniería, lo cual justifica la necesidad de proponer soluciones de ingeniería que se apoyen en la inteligencia artificial.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Desarrollar un chatbot educativo para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad EAN, orientado a la unidad de Ecuaciones Diferenciales, facilitando la resolución de dudas y promoviendo el aprendizaje autónomo en los estudiantes.

## **Objetivos específicos**

- Identificar, las principales dificultades que enfrentan los estudiantes en la comprensión de la unidad de Ecuaciones Diferenciales.
- Diseñar una interfaz de usuario accesible, intuitiva y amigable que facilite la interacción con el chatbot.
- Implementar un sistema de respuestas automatizadas con explicaciones paso a paso y recursos visuales que refuercen el aprendizaje.

## **Definición del problema**

El dominio de las ecuaciones diferenciales constituye un pilar fundamental en la formación de los ingenieros, pues permite modelar fenómenos complejos en áreas como la física, la biología, la economía, y la mecánica. Su dominio fortalece la capacidad de análisis y de resolución de problemas, competencias esenciales para enfrentar los retos profesionales y científicos de este siglo. Sin embargo, a pesar de su relevancia, gran parte de los estudiantes presenta dificultades persistentes al abordar estas temáticas, lo que impacta negativamente su rendimiento académico y limita su desarrollo profesional.

Diversos estudios evidencian esta problemática. (Camacho, Guerrero, & Mejia, 2010) destacan que los estudiantes de ingeniería encuentran obstáculos al interpretar las soluciones de ecuaciones diferenciales, principalmente por la ausencia de metodologías didácticas que promuevan un análisis más profundo. De manera similar, (Plaza, 2016) señala que los métodos tradicionales no logran estimular una comprensión significativa ni consolidar el aprendizaje autónomo. Investigaciones más recientes corroboran que las limitaciones pedagógicas, la falta de

tiempo en el aula y la escasez de recursos interactivos dificultan el aprendizaje y generan vacíos que se acumulan a lo largo de la formación (SciELO México, 2024).

Las causas principales del problema pueden agruparse en tres dimensiones:

1. **Metodológicas:** predominan las clases magistrales, centradas en la exposición de contenidos, lo que limita la interacción, la práctica guiada y la retroalimentación inmediata.
2. **Institucionales:** los tiempos de clase resultan insuficientes para atender las dudas de todos los estudiantes, lo que genera desigualdades en el aprendizaje y frustración entre quienes no logran resolver sus inquietudes.
3. **Tecnológicas:** aunque existen recursos como repositorios de videos, foros de discusión o plataformas virtuales, estos resultan insuficientes al carecer de personalización, interacción en tiempo real y adaptabilidad a las necesidades individuales.

Las consecuencias de este panorama son significativas. En el plano académico, se evidencian tasas de reprobación en cursos como Matemática I que oscilan entre el 30 % y el 40 % en universidades colombianas (Olaya, 2009). Esta situación repercute en la repetición de asignaturas y en la deserción estudiantil en programas de ingeniería. En el plano personal, aproximadamente el 25 % de los estudiantes universitarios reportan altos niveles de ansiedad matemática, lo que afecta negativamente su rendimiento y su disposición a enfrentar nuevos retos (Redilat, 2023). Además, estudios en estudiantes de ingeniería evidencian que la ansiedad matemática se relaciona con baja autoconfianza y percepción negativa hacia las matemáticas, lo que refuerza la desmotivación (Castañeda, 2021). Finalmente, en el plano profesional, estas dificultades limitan la capacidad de los futuros ingenieros para aplicar modelos matemáticos en la

solución de problemas reales, reduciendo su competitividad frente a las exigencias del mercado laboral (Eduotec, 2024).

Si bien se han implementado diferentes alternativas tecnológicas como cursos en línea, tutorías virtuales, repositorios de recursos o aplicaciones educativas, estas presentan limitaciones importantes. Los cursos y videos en línea carecen de interactividad y retroalimentación inmediata; las tutorías virtuales dependen de la disponibilidad de los tutores; y los foros suelen ser espacios asincrónicos con respuestas tardías. Estas herramientas, aunque útiles, no responden de manera efectiva a la necesidad de acompañamiento constante, personalizado y en tiempo real que requieren los estudiantes para consolidar su aprendizaje en ecuaciones diferenciales.

Ante esta situación, la inteligencia artificial (IA) se presenta como una alternativa con alto potencial. La literatura reciente muestra que las plataformas basadas en IA facilitan la personalización del aprendizaje, permiten adaptar contenidos al ritmo del estudiante y ofrecen retroalimentación inmediata (Cloud, s.f.) (Eduotec, 2024). En particular, los chatbots educativos destacan por su capacidad de interactuar en tiempo real, responder dudas de forma inmediata, guiar al estudiante paso a paso y brindar recursos complementarios que fortalecen la autonomía en el proceso de aprendizaje. (Revista Retos de la Ciencia, 2024) subraya que los chatbots representan un nuevo paradigma en la enseñanza digital al favorecer la inclusión y la motivación. (Nature, 2025), por su parte, evidencia que los modelos de lenguaje aplicados en chatbots mejoran los resultados de aprendizaje en escenarios complejos, lo que confirma su utilidad como tutores virtuales.

En conclusión, los estudiantes de ingeniería presentan dificultades persistentes en la comprensión de las ecuaciones diferenciales debido a factores metodológicos, institucionales y

tecnológicos. Estas dificultades generan consecuencias académicas, personales y profesionales que limitan el desarrollo integral de los futuros ingenieros. Se requiere, por tanto, una solución innovadora que supere las limitaciones de las herramientas tradicionales y aproveche el potencial de la inteligencia artificial para ofrecer acompañamiento continuo, accesible y personalizado.

En este marco, surge la siguiente pregunta de investigación, que orienta el presente proyecto:

¿De qué manera el desarrollo de un ChatBot educativo potenciado por inteligencia artificial puede contribuir a mejorar la comprensión y resolución de dudas sobre ecuaciones diferenciales en los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad EAN, específicamente en la unidad de estudio “Ecuaciones Diferenciales”?

### **Justificación**

El presente proyecto se justifica por el impacto transformador que puede generar en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Facultad de Ingeniería de la Universidad EAN. Más allá de reiterar las dificultades que enfrentan los estudiantes en la comprensión de las ecuaciones diferenciales, lo fundamental es resaltar cómo el desarrollo de un ChatBot educativo potenciado por inteligencia artificial constituye una solución innovadora y pertinente que responde a las demandas de la educación superior contemporánea.

Desde el punto de vista académico, esta propuesta aporta un valor diferencial al complementar la labor docente con un recurso accesible y disponible en todo momento. El ChatBot permitirá resolver dudas en tiempo real, ofrecer explicaciones paso a paso y brindar ejemplos interactivos, generando un apoyo adicional que los métodos tradicionales no logran garantizar. Esta

disponibilidad continua promueve el aprendizaje autónomo, entendido como la capacidad del estudiante para gestionar su propio proceso formativo y avanzar a su ritmo, aspecto que ha sido esencial en la formación de ingenieros (Encinas, 2013). Asimismo, investigaciones recientes demuestran que los niveles de ansiedad matemática afectan negativamente el rendimiento de los estudiantes de ingeniería, por lo que se requieren estrategias innovadoras que fortalezcan la autoconfianza y la motivación hacia las matemáticas (Redilat, 2023); (Castañeda, 2021)

En la dimensión tecnológica, la pertinencia del proyecto se fortalece con la incorporación de inteligencia artificial aplicada a la educación, una tendencia en expansión a nivel mundial. El uso de ChatBots representa una innovación que va más allá de las plataformas virtuales convencionales, pues ofrece interactividad y personalización en la experiencia de aprendizaje. (Revista Retos de la Ciencia, 2024) subraya que estas herramientas favorecen la inclusión y la motivación en los estudiantes, mientras que (Nature, 2025) demuestra que los modelos de lenguaje aplicados en chatbots mejoran significativamente los resultados de aprendizaje en contextos complejos. Además, (Meneses Toro, 2024) evidenció que los chatbots educativos implementados con técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural pueden reducir tiempos de estudio y mejorar la comprensión de contenidos avanzados, lo que refuerza su relevancia en la educación superior.

El impacto social del proyecto es igualmente relevante. Muchos estudiantes no encuentran en el aula las condiciones necesarias para resolver todas sus dudas, ya sea por limitaciones de tiempo, exceso de demanda hacia los docentes o por factores personales como la timidez o la inseguridad. La posibilidad de contar con un ChatBot disponible las 24 horas amplía el acceso al

conocimiento, democratiza la información y garantiza que cada estudiante pueda recibir el apoyo necesario, independientemente de su situación. Al contribuir a disminuir las tasas de fracaso y deserción asociadas a los cursos matemáticos, el proyecto también aporta a la permanencia estudiantil y, en consecuencia, a la equidad en la educación superior. Este componente social fortalece la relevancia del proyecto, al conectar la innovación tecnológica con la misión de formar profesionales íntegros y preparados para afrontar los desafíos de la sociedad.

Finalmente, la pertinencia del proyecto se refleja en su coherencia con los lineamientos institucionales de la Universidad EAN, que promueve la innovación como motor del desarrollo sostenible y la transformación digital. El diseño e implementación de un ChatBot educativo no solo atiende una necesidad académica concreta, sino que también abre la posibilidad de desarrollar nuevos proyectos de investigación y extensión en el campo de la inteligencia artificial aplicada a la educación. De esta manera, la experiencia adquirida en el curso de ecuaciones diferenciales podrá escalarse a otras áreas del conocimiento, generando un efecto multiplicador dentro de la comunidad académica y posicionando a la universidad como referente en la incorporación de tecnologías emergentes en sus procesos formativos.

En conclusión, este proyecto se justifica porque integra de manera coherente dimensiones académicas, tecnológicas y sociales que lo hacen viable, necesario y pertinente. La implementación de un ChatBot educativo basado en inteligencia artificial representa una estrategia innovadora que fortalece el aprendizaje autónomo, mejora la calidad de la formación, reduce barreras de acceso al conocimiento y potencia la transformación digital en la educación superior. Así, el desarrollo de

esta herramienta no solo atiende una necesidad puntual en la enseñanza de ecuaciones diferenciales, sino que también constituye un aporte significativo al avance de la innovación pedagógica en la universidad y en el contexto educativo global.

### **Análisis de Requerimientos**

El desarrollo exitoso de un proyecto de ingeniería se mide tanto por la consecución de los objetivos en el tiempo establecido como por el cumplimiento de los requerimientos funcionales y no funcionales. Para garantizar estos resultados, es fundamental establecer desde el inicio las especificaciones de diseño, el alcance de la solución y los parámetros de validación, evitando así cambios significativos en etapas avanzadas del proyecto. En este contexto, se plantean los siguientes aspectos:

#### **Intención del producto**

El producto tiene como propósito desarrollar un ChatBot educativo potenciado por inteligencia artificial que brinde apoyo a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad EAN en la resolución de dudas sobre la unidad de estudio *Ecuaciones Diferenciales*. La intención central es complementar el proceso de enseñanza formal mediante una herramienta accesible, disponible 24/7 y capaz de ofrecer explicaciones claras, ejemplos resueltos y recursos interactivos. De esta manera, se busca:

- Reducir los vacíos de aprendizaje que no logran ser resueltos en el aula.
- Fomentar la autonomía y la autogestión académica.
- Impulsar la integración de tecnologías innovadoras en la educación superior.

## Verificación de parámetros de diseño

Para asegurar el correcto funcionamiento del ChatBot, se establecen parámetros de diseño que deberán ser verificados en cada etapa del desarrollo:

- **Disponibilidad:** el sistema debe estar operativo de forma continua para garantizar acceso en todo momento.
- **Usabilidad:** la interfaz debe ser intuitiva, accesible y amigable para estudiantes con diferentes niveles de competencia tecnológica.
- **Precisión de respuestas:** el ChatBot debe proporcionar información clara, pertinente y validada académicamente.
- **Escalabilidad:** El diseño permitirá la futura incorporación de nuevas unidades de estudio y asignaturas mediante una arquitectura modular. En el primer desarrollo del chatbot se implementará una base de datos estructurada en colecciones temáticas (ej. Ecuaciones Diferenciales, Álgebra Lineal, Cálculo). De esta manera, la adición de nuevos contenidos se limitará a crear módulos adicionales sin necesidad de modificar la estructura central del sistema.
- **Compatibilidad:** la solución debe ser accesible desde dispositivos móviles y de escritorio.
- **Seguridad y privacidad:** Los datos recolectados (como preguntas o patrones de uso) se almacenarán de manera anonimizada en una base de datos MongoDB. Los datos recolectados (como preguntas o patrones de uso) se manejarán de forma básica y sin incluir información personal sensible. Para este primer desarrollo, el control de seguridad se

garantizará limitando el acceso a la base de datos únicamente al equipo desarrollador y usando buenas prácticas de almacenamiento seguro.

### **Estimación de características de diseño**

Con base en la naturaleza del producto, se plantean estimaciones iniciales sobre el desempeño y las características técnicas que orientarán el diseño:

- **Capacidad de respuesta:** el ChatBot debe contestar en un tiempo máximo de 2–3 segundos por consulta, garantizando fluidez en la interacción.
- **Cobertura temática:** la primera versión debe incluir al menos el 80% de los contenidos clave del curso de Ecuaciones Diferenciales.
- **Recursos integrados:** el sistema debe contar con explicaciones paso a paso, ejemplos numéricos y gráficos generados dinámicamente.
- **Potencia del motor de IA:** se requiere un modelo de lenguaje con capacidad de procesamiento que asegure coherencia y pertinencia en las respuestas, con entrenamiento adaptado al dominio académico.
- **Métricas de desempeño:** el producto será evaluado en términos de satisfacción del usuario ( $\geq 80\%$  de aceptación en pruebas piloto), precisión de las respuestas y frecuencia de uso por parte de los estudiantes

## **Marco teórico**

### **Antecedentes Históricos de los chatbots**

Los chatbots son lo que se conoce hoy en día como simulaciones de conversaciones humanas con alguien que no lo es, ejemplo ChatGPT, pero esto no siempre ha sido así de avanzado como lo es este caso famoso, todo comienza en 1966 con la creación por parte de Joseph Weizenbaum del primer chatbot conocido como 'ELIZA', el cual simulaba/imitaba a un psicoterapeuta, dando respuestas derivadas de patrones y muy simples (Lopez Fernandez, 2025). Desde entonces ha habido un largo camino recorrido donde creaciones de chatbots con personalidad han visto la luz, como lo fue el caso de PARRY en 1972, hasta los actuales sistemas potenciados por inteligencia artificial que ofrecen una experiencia menos robótica (Predrag, 2023). Y esto camino no ha llegado a su fin, cada día la inteligencia artificial va avanzando cada vez más lo que hará que, en este caso, los chatbots funcionen de una manera más 'limpia', algo más cercano a lo que es una conversación natural entre humanos y con el conocimiento suficiente para realizar cosas cada vez más complejas en cuestión de segundos (Aunoa, 2023).

### **Sistemas de Tutores Inteligentes**

Sistemas que en los 80 empezaron a desarrollarse como una forma de asistencia para estudiantes al momento de aprender, esto mediante aparatos potenciados por inteligencia artificial para que estos obtuvieran conocimientos y tuvieran la capacidad de enseñarlo a esta población, todo esto mientras se iban adaptando a su resolución de problemas y hallaban diferentes formas de brindar soporte (Ecured, 2008). Gracias a esto, se ha podido evidenciar una evolución en la cual diferentes modelos pedagógicos se integran a estos sistemas para ajustarlos a los diferentes comportamientos y necesidades que los estudiantes pueden presentar, sirviendo como base a lo que

se conoce como chatbots (Guo, 2021). Los chatbots actuales integran este tipo de sistemas junto a la avanzada inteligencia artificial para ofrecer la mejor experiencia de asistente personal en temas educativos.

### **Chatbots educativos y la inteligencia artificial**

La integración de los chatbots actuales, potenciados por inteligencia artificial y modelos de procesamiento avanzados, dentro de la educación superior ha sido positiva, siendo así que el porcentaje de estudiantes que están de acuerdo con la integración de la IA en el sistema educacional es considerablemente alto, y el porcentaje de estos estudiantes que están al tanto de las consecuencias que puede traer el uso de estos es positivamente alto también (Ajda Fošner, 2025). Los chatbots actuales pueden generar un impacto positivo en el sistema actual de educación, por supuesto, depende muchos factores para que estos sean una buena herramienta de aprendizaje, como lo puede ser el interés por integrar tecnología a la educación tradicional o también la utilidad que estos brindan, pero al final, quien logre saber usar esta tecnología en su máximo potencial y le encuentre algún tipo de uso conjunto, podrá llevar a otro nivel su forma de aprender, lo que conllevaría a posibles mejoras en resultados tanto académicos como investigativos (Chenet-Zuta, 2025). Permitiendo a estudiantes tener consigo una ayuda para tareas complejas como lo pueden ser las Ecuaciones Diferenciales.

### **Dificultades al momento de aprender sobre Ecuaciones Diferenciales**

Los obstáculos que los estudiantes de universidad pueden presentar al momento de cursar la unidad de estudio 'Ecuaciones Diferenciales' no son de un solo tipo, estos cambian dependiendo de los factores, llegando a ser desde el bajo entendimiento de otras unidades de matemática como lo pueden ser Álgebra Lineal, Cálculo Diferencial, entre otras; hasta el mal entorno del que se

rodean estos, llegando a tener docentes que no hayan la manera de dar a entender diferentes tópicos, generando en los estudiantes varias dudas que pueden conllevar a desmotivación o poco intereses por esta unidad de estudio principal (Camacho, Guerrero, & Mejia, 2010). Varios de estos problemas generan en las personas que cursan esta unidad de estudio, ciertos problemas como el aprenderse todo de memoria, generando que, en un caso donde no se aplique tal cual lo que recuerda, entonces no habrá manera de poder solucionarlo (Plaza, 2016).

### **Análisis de Restricciones**

Los proyectos de ingeniería se caracterizan por su capacidad para resolver problemas complejos de la sociedad y de la industria, pero también por enfrentarse a limitaciones de distinto tipo. Estas limitaciones se denominan restricciones y constituyen factores externos e internos que condicionan el alcance, la viabilidad y la sostenibilidad de las soluciones planteadas. En un sentido amplio, las restricciones pueden estar relacionadas con aspectos ambientales, económicos, legales, de salud y seguridad, o socioculturales.

En el caso particular de este proyecto, que busca diseñar e implementar un chatbot educativo potenciado por inteligencia artificial para apoyar a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad EAN en la resolución de dudas sobre la unidad de Ecuaciones Diferenciales, es fundamental identificar dichas restricciones. Aunque se trata de una solución tecnológica no material, que no implica la construcción de infraestructura física ni el uso de recursos naturales en gran escala, enfrenta limitaciones asociadas al uso de datos, a la disponibilidad de recursos económicos y tecnológicos, a las percepciones culturales de los usuarios y al cumplimiento de normativas. Reconocer estas restricciones desde la etapa inicial permite

establecer estrategias de mitigación y asegurar la pertinencia del proyecto en el corto y mediano plazo (Encinas, 2013).

### **Restricciones Ambientales**

El chatbot educativo no utiliza sustancias peligrosas ni requiere de infraestructura física como plantas de tratamiento o fábricas, lo cual lo diferencia de proyectos tradicionales de ingeniería. Sin embargo, no debe pasarse por alto el impacto ambiental indirecto vinculado al consumo energético de los centros de datos y servidores que soportan aplicaciones basadas en inteligencia artificial.

En Colombia, los sistemas de enfriamiento de centros de datos representan aproximadamente el 50 % del consumo energético total de estas instalaciones (Panduit, 2024). Además, el mercado nacional de data centers proyecta una inversión cercana a USD 1.160 millones para 2030, con una capacidad instalada superior a 118 MW de potencia IT hacia 2028 (Revista C-Level, 2024). Estas cifras evidencian que el crecimiento de servicios digitales está estrechamente vinculado a un aumento considerable en la demanda energética. Por lo tanto, incluso un proyecto académico como el chatbot depende de una infraestructura tecnológica que contribuye a incrementar la huella de carbono digital.

Esta situación se enmarca también en las políticas nacionales de sostenibilidad. El programa “Colombia Carbono Neutral” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible busca que empresas y organizaciones reduzcan y compensen sus emisiones de gases efecto invernadero hacia 2050 (MinAmbiente, 2024). Aunque el chatbot no es un proyecto de gran escala industrial, debe

entenderse que iniciativas de este tipo, al apoyarse en servidores externos y procesos de cómputo intensivo, forman parte de la problemática global de emisiones.

Adicionalmente, el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá (Decreto 555 de 2021) regula el uso del suelo en la ciudad y establece la protección de la *Estructura Ecológica Principal* (EEP), restringiendo cualquier actividad que pueda afectar humedales, reservas ambientales o corredores ecológicos (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021). Si en una fase futura se considerara la instalación de infraestructura física propia, como un centro de datos institucional, este tipo de normativa urbanística y ambiental condicionaría directamente la viabilidad del proyecto y la localización de dichas instalaciones.

Esto evidencia que incluso proyectos de software deben ser analizados bajo el lente ambiental, pues forman parte de un ecosistema tecnológico que incide en el uso de recursos y en la sostenibilidad del territorio.

### **Restricciones Económicas**

El chatbot educativo no requiere de obras civiles ni de adquisición de maquinaria pesada, lo cual lo diferencia de proyectos tradicionales de ingeniería. Sin embargo, no deben pasarse por alto las limitaciones económicas asociadas a su desarrollo y sostenibilidad. En primer lugar, la implementación de un sistema de inteligencia artificial depende del uso de servicios en la nube y de plataformas de procesamiento de lenguaje natural que, en muchos casos, operan bajo modelos de pago por uso. Esto implica que los costos pueden aumentar en la medida en que crece el número de consultas de los estudiantes o la cantidad de usuarios activos (IDC, 2023).

Adicionalmente, la universidad debe considerar que los servicios de nube y las APIs de inteligencia artificial están sujetos a la volatilidad del mercado internacional y al tipo de cambio. En Colombia, el valor del dólar ha mostrado variaciones significativas en los últimos años, lo cual impacta directamente los costos de acceso a tecnologías digitales que son facturadas en moneda extranjera (Banco de la República, 2024). Este factor limita la posibilidad de garantizar la estabilidad presupuestal en el largo plazo.

Otro aspecto económico relevante se relaciona con los gastos de mantenimiento y actualización. Un chatbot educativo no es una solución estática: requiere entrenamiento continuo, soporte técnico y adecuaciones periódicas a los contenidos académicos. Estos rubros, aunque menos visibles que la inversión inicial, constituyen la principal carga financiera para asegurar la vigencia y pertinencia del sistema (Encinas, 2013).

Asimismo, la disponibilidad de recursos humanos especializados es un condicionante clave. La contratación de ingenieros con experiencia en inteligencia artificial y en el diseño de chatbots suele representar un costo considerable, y la dependencia de talento altamente calificado puede limitar la velocidad de escalamiento del proyecto (OECD, 2022). Por esta razón, es probable que el desarrollo inicial dependa de estudiantes o docentes vinculados al proyecto, lo cual reduce costos pero restringe la dedicación exclusiva de tiempo y la profundidad técnica.

Finalmente, deben contemplarse restricciones asociadas a la financiación institucional. Como proyecto académico, el chatbot debe ajustarse al plan de inversiones de la Facultad y de la Universidad, lo que significa que no siempre habrá disponibilidad de recursos para cubrir imprevistos, adquirir nuevas licencias o integrar servicios externos adicionales. Esto condiciona la

viabilidad del proyecto más allá de la fase piloto y plantea el desafío de garantizar su sostenibilidad económica a mediano plazo.

### **Restricciones Legales**

En Colombia, el marco normativo más relevante para el desarrollo de un chatbot educativo es la **Ley 1581 de 2012**, que regula la protección de datos personales. Esta ley establece que toda recolección, almacenamiento o uso de información debe hacerse con consentimiento previo, informado y expreso de los titulares. Para el chatbot, esto significa que incluso si solo registra preguntas de los estudiantes, la información debe tratarse bajo criterios de confidencialidad y seguridad (Congreso de la República de Colombia, 2012).

A nivel institucional, la Universidad EAN cuenta con una política de tratamiento de datos personales que exige proteger la privacidad de estudiantes, docentes y personal administrativo. Esto implica que el diseño del chatbot debe alinearse con dichas políticas, garantizando transparencia y mecanismos para ejercer los derechos de habeas data (Universidad EAN, 2024).

### **Restricciones de Salud y Seguridad**

En primer lugar, desde una perspectiva de seguridad digital, los sistemas basados en inteligencia artificial están expuestos a vulnerabilidades como accesos no autorizados, fuga de información o ciberataques. Según el Centro Cibernético de la Policía Nacional de Colombia (2023), en el país se registraron más de 50.000 incidentes de seguridad informática en 2022, lo que refleja la magnitud de este riesgo. Por lo tanto, la falta de medidas adecuadas de protección de datos podría poner en peligro la confidencialidad y seguridad de la comunidad universitaria que interactúe con el chatbot.

En segundo lugar, se deben considerar riesgos de salud mental y académica. Un chatbot que ofrezca respuestas imprecisas o sesgadas puede generar frustración, ansiedad o incluso desinformación en los estudiantes, afectando su confianza en la herramienta. La Organización Mundial de la Salud (2022) ha advertido que el entorno educativo digital debe proteger el bienestar de los estudiantes, evitando prácticas que generen estrés o sobrecarga cognitiva. Esto convierte la calidad de las respuestas en un aspecto crítico de seguridad académica.

Por último, la seguridad institucional también es un factor: la Universidad debe garantizar que el uso del chatbot no sustituya la orientación docente, sino que la complemente. De lo contrario, se podría generar dependencia excesiva de la herramienta, lo cual constituiría un riesgo para el proceso de aprendizaje.

### **Restricciones Socioculturales**

El uso del chatbot educativo también se ve condicionado por factores socioculturales. Uno de los principales es la brecha digital: según el Ministerio TIC (2023), cerca del 40 % de los hogares rurales en Colombia aún no cuentan con acceso estable a internet, lo que limita el alcance equitativo de este tipo de soluciones.

Otro aspecto es la resistencia cultural frente a la inteligencia artificial en la educación. Algunos docentes pueden percibirla como una amenaza a su rol, y ciertos estudiantes desconfían de las respuestas automatizadas, prefiriendo la interacción directa con profesores (Redilat, 2023).

Finalmente, los cambios en los hábitos digitales de los estudiantes también actúan como restricción. Las nuevas generaciones demandan herramientas rápidas, visuales e interactivas; un chatbot que no cumpla con estas expectativas corre el riesgo de ser abandonado.

### **Metodología para la selección y desarrollo de la solución**

Aquí se describe el proceso seguido para identificar y seleccionar la alternativa tecnológica más adecuada de acuerdo al problema planteado de acompañamiento en ecuaciones diferenciales para la facultad de Ingeniería, teniendo coherencia con los requerimientos identificados y mencionados anteriormente como también con los objetivos establecidos.

#### **Enfoque metodológico**

La metodología utilizada está apoyada en un análisis comparativo entre tres alternativas que solucionen el problema seguido del desarrollo adaptativo de la escogida. El proceso comienza con la recopilación de requerimientos, planteamiento de alternativas, selección de la solución óptima y una definición general del marco de desarrollo. Esto se sustenta en una experiencia previa reportada en (Hurtado Martínez, García Rodríguez, & Chará García, 2024).

#### **Identificación de requisitos**

En línea con lo ya mencionado en secciones anteriores, la recolección de requerimientos funcionales y no funcionales se lleva a cabo mediante:

- Encuestas a estudiantes sobre las dificultades y necesidades que estos presentan con la unidad de estudio de ecuaciones diferenciales

- Entrevistas a docentes de matemáticas para validar las necesidades que requieren de acompañamiento complementario
- Análisis de planes de estudio y materiales de apoyo que se hayan utilizado previamente al dictar la unidad de estudio de ecuaciones diferenciales

(Meneses Toro, 2024) tiene en su metodología un tipo de recopilación de datos similar pero a estudiantes de cursos de Economía

### **Generación de alternativas**

Para este tipo de problemas pueden llegar a existir una gran cantidad de soluciones, partiendo de las que no hacen mucho uso de tecnología a las que ya la implementan, en este caso las siguientes opciones fueron las planteadas de acuerdo al problema:

#### ***Alternativa 1: Plataforma con recursos interactivos***

Consiste en el diseño de una página web con repositorios que incluyen videos de resolución de problemas, explicación de diferentes temas, ejercicios para resolver. Esta opción hace ya uso de las tecnologías existentes como lo son las páginas web, pero carece de acompañamiento en tiempo real

#### ***Alternativa 2: Foros moderados por docentes/tutores***

Consiste en la creación de foros para la generación de discusiones acerca de los temas de esta unidad de estudio, donde los mismos estudiantes pueden realizar sus preguntas y tener a gente especializada que le responda. Esta es una opción que tiene el acompañamiento al momento de estudio, pero no en tiempo real ya que las respuestas no serán inmediatas y en ciertos casos no las deseadas por aquellos que comienzan estas discusiones

### ***Alternativa 3: Chatbot educativo basado en la IA***

Opción priorizada en los objetivos del proyecto mencionados anteriormente y que hace uso de las tendencias tecnológicas desarrolladas en los últimos años, como lo son las IAs, teniendo acompañamiento en tiempo real y respuestas rápidas ofreciendo una gran experiencia e impacto positivo en los estudiantes y sus ganas de aprender como se menciona en (Meneses Toro, 2024)

#### **Selección de la solución y justificación**

La alternativa seleccionada es el desarrollo de un chatbot educativo apoyado por IA, dado a que se alinea mejor con los objetivos propuestos en este documento, teniendo un acceso inmediato y dando una autonomía de aprendizaje a los usuarios, tal como detalla el marco teórico.

Se optó por integrar el modelo de IA Gemma3, disponible en la plataforma de Ollama, donde se pueden investigar y encontrar que este es un LLM apto para el desarrollo de chatbots matemáticos, teniendo bases de datos con conocimiento desde lo básico de la matemática hasta ejercicios complicados (Ollama, s.f.)

#### **Etapas generales para el desarrollo de la solución**

##### ***Diseño general de la arquitectura***

Se planteará una arquitectura que facilite la integración del modelo Gemma3, asegurando que este sistema pueda adaptarse y crecer en el futuro.

##### ***Implementación progresiva y validación temprana***

El desarrollo se hará en ciclos iterativos que permitirán construir funcionalidades viables, realizar pruebas constantemente para recibir una retroalimentación continua de estudiantes y docentes

## ***Evaluación y ajustes***

Se establecerán métricas de desempeño y satisfacción para tener monitoreado el funcionamiento del chatbot. Periódicamente se analizarán los resultados para hacer las respectivas mejoras continuas y así de esta manera garantizar una experiencia de aprendizaje autónomo más eficaz

## **Análisis de costos**

### **Estructura general de costos**

El proyecto se estructura en torno a tres grandes categorías: costos directos, costos fijos y gastos generales (overhead). A su vez, se incluye una evaluación del capital de trabajo y los costos de inversión inicial, indispensables para poner en marcha la solución tecnológica.

### **Costos directos**

Los costos directos corresponden a los recursos que inciden de manera inmediata en la creación, diseño, desarrollo e implementación del chatbot. Estos se clasifican en los siguientes componentes:

#### ***Mano de obra técnica:***

- Desarrollador principal: encargado del diseño, codificación e integración de la interfaz con la base de datos y los servicios de inteligencia artificial.
- Diseñador de interfaz (UI/UX): responsable de la experiencia visual, accesibilidad y usabilidad del chatbot, garantizando que la interacción sea fluida y pedagógicamente adecuada.

- Analista funcional: encargado de traducir los requerimientos académicos y técnicos en especificaciones concretas del sistema.
- Tutor académico o docente asesor: supervisa la alineación del contenido del chatbot con los lineamientos pedagógicos de la asignatura.

El costo total de la mano de obra técnica se estima en función de la cantidad de horas requeridas por cada rol y la tarifa promedio de mercado o valor de apoyo institucional.

Rol	Horas Estimadas	Tarifa (COP/Hora)	Costo total (COP)
Diseñador principal	120	25.000	3.000.000
Diseñador UI/UX	60	20.000	1.200.000
Analista funcional	40	22.000	880.000
Tutor académico	20	30.000	600.000
Total	-	-	5.680.000

### ***Herramientas y licencias de software***

Incluye las suscripciones o licencias necesarias para el entorno de desarrollo (por ejemplo, Visual Studio Code, entornos de Python, frameworks de IA, y sistemas de almacenamiento en la nube).

- Licencias o API IA (modelo base de lenguaje): 400.000 COP
- Servicios en la nube (hosting, base de datos, almacenamiento): 300.000 COP
- Herramientas de diseño (Figma): 0 COP
- Subtotal: 700.000 COP

### ***Infraestructura tecnológica***

- Servidor de despliegue del chatbot (AWS, Azure): 500.000 COP
- Almacenamiento y respaldo de datos: 200.000 COP
- Equipos de cómputo y mantenimiento: 400.000 COP
- Subtotal: 1.100.000 COP

Total, costos directos: 7.630.000 COP

### **Costos fijos**

Los costos fijos son aquellos que permanecen constantes en el tiempo, independientemente del número de usuarios que utilicen el chatbot. Estos garantizan la continuidad y estabilidad operativa del sistema.

### ***Mantenimiento del sistema y soporte técnico***

Se destina un presupuesto para revisiones periódicas, corrección de errores, actualizaciones de seguridad y optimización de rendimiento.

- Costo anual estimado: 800.000 COP

### ***Alojamiento y dominio web***

Si el chatbot se integra con la infraestructura institucional, este valor puede estar cubierto por la Universidad EAN; sin embargo, se estima un costo referencial.

- Dominio web institucional o subdominio: 100.000 COP/año
- Hosting de respaldo: 300.000 COP/año

### ***Servicios administrativos y académicos:***

Incluye el tiempo invertido por coordinadores, personal de soporte académico y administrativos encargados de la revisión de contenidos y coordinación con la facultad.

- Estimado anual: 600.000 COP

Total, costos fijos: 1.800.000 COP

### **Gastos generales u overhead**

Los gastos generales agrupan los costos indirectos que garantizan la gestión y funcionamiento integral del proyecto:

- Gestión de proyecto y coordinación institucional: reuniones de seguimiento, revisión de avances, documentación y reportes técnicos (500.000 COP).
- Divulgación y promoción: materiales comunicativos, lanzamiento y socialización con estudiantes y docentes (300.000 COP).
- Capacitación del personal: formación de monitores o docentes en el uso del chatbot (400.000 COP).

Total, gastos generales: 1.200.00 COP

### **Inversión inicial y capital de trabajo**

Para el desarrollo y puesta en marcha del chatbot, se requiere una inversión inicial que cubra la adquisición y preparación de los recursos materiales y tecnológicos, así como un capital de trabajo que asegure el funcionamiento del sistema durante la etapa de implementación.

Concepto	Valor estimado (COP)
Costos directos	7.630.000
Costos fijos	1.800.000
Gastos generales	1.200.000
Capital de trabajo	1.000.000
Total, inversión inicial estimada	11.630.000

### **Evaluación de viabilidad económica**

Considerando el bajo costo de mantenimiento y la alta escalabilidad del sistema, el chatbot representa una solución económicamente viable y sostenible. Su implementación inicial requiere una inversión moderada en comparación con el impacto académico que puede generar, al mejorar los procesos de aprendizaje autónomo y optimizar la labor docente.

### **Plan de Implementación**

#### **Tabla de actividades y responsables**

ID	Actividad	Responsable	Fecha de Inicio	Fecha Fin
1.1	Levantamiento y análisis de requerimientos	Lso 3	21/10/2025	23/10/2025
1.2	Diseño de interfaz	Ainara y Johan	23/10/2025	30/10/2025
1.3	Desarrollo backend y lógica de integración	Los 3	31/10/2025	15/11/2025
1.4	Integración del motor de búsqueda y base de conocimiento	Angela	31/10/2025	15/11/2025
1.5	Pruebas técnicas	Los 3	16/11/2025	19/11/2025
1.6	Ajustes finales	Los 3	20/11/2025	21/11/2025

## Cronograma Gantt

Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Levantamiento y análisis de requerimientos	X			
Diseño de interfaz	X	X		
Desarrollo backend y lógica de integración		X	X	X
Integración del motor de búsqueda y base de conocimiento		X	X	X
Pruebas técnicas				X
Ajustes finales				X

## Conclusiones

En primer lugar, el estudio permitió reconocer las principales dificultades que enfrentan los estudiantes en la comprensión de Ecuaciones Diferenciales. Entre ellas destacan la falta de acompañamiento personalizado, la escasez de recursos interactivos y las limitaciones para acceder a explicaciones paso a paso fuera del aula. Esta exploración inicial proporcionó una base sólida para orientar la propuesta del chatbot hacia necesidades reales, asegurando que su enfoque sea pedagógicamente significativo y no meramente tecnológico.

A partir de ese diagnóstico, se establecieron los lineamientos de diseño para una interfaz accesible, intuitiva y amigable, que facilite la interacción y promueva la exploración autónoma del conocimiento. En este sentido, el trabajo permitió reflexionar sobre la importancia de crear entornos digitales centrados en la experiencia del estudiante, donde la tecnología actúe como mediadora del aprendizaje y no como un fin en sí misma.

Asimismo, se definieron las características que debería integrar el sistema de respuestas automatizadas, priorizando la claridad de las explicaciones y el uso de recursos visuales como herramienta de apoyo didáctico.

Desde una perspectiva social, el proyecto contribuye a la reflexión sobre la necesidad de incorporar herramientas basadas en inteligencia artificial en la educación superior, no para reemplazar la labor docente, sino para fortalecer el acompañamiento académico y promover la participación del estudiante en su proceso de aprendizaje.

En conjunto, el trabajo permite concluir que la creación de un chatbot educativo para la unidad de Ecuaciones Diferenciales es una iniciativa pertinente, viable y alineada con los principios institucionales de innovación y sostenibilidad de la Universidad EAN. El presente estudio constituye un punto de partida sólido que combina análisis conceptual, técnico y económico, orientado a transformar la enseñanza de las matemáticas mediante soluciones inteligentes, accesibles y centradas en el estudiante.

## Referencias

- Ajda Fošner, B. A. (2025). AI chatbots in higher education: Students' beliefs and concerns. *Sustainable Futures*, 9. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666188825003004>
- Aunoa. (30 de October de 2023). *La evolución de los chatbots*. Obtenido de Aunoa: <https://aunoa.ai/blog/la-evolucion-de-los-chatbots/>
- Bilbao, R. (15 de October de 2024). La inteligencia artificial acierta en un 70% al corregir trabajos escolares de primaria. *Cadena SER*. Obtenido de <https://cadenaser.com/euskadi/2024/10/15/la-inteligencia-artificial-acierta-en-un-70-al-corregir-trabajos-escolares-de-primaria-radio-bilbao/>
- Camacho, M., Guerrero, C., & Mejia, H. (2010). Dificultades de los estudiantes en la interpretación de las soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias que modelan un problema. *Enseñanza de las ciencias*, 28(3), 341-352. Obtenido de <https://funesfrpre.uniandes.edu.co/funes-documentos/dificultades-de-los-estudiantes-en-la-interpretacion-de-las-soluciones-de-ecuaciones-diferenciales-ordinarias-que-modelan-un-problema/>
- Castañeda, S. &. (2021). Ansiedad matemática en estudiantes de ingeniería: un estudio descriptivo. *Revista de Educación Matemática*, 33(1), 45-59.
- Chenet-Zuta, M. E.-C.-P.-J. (2025). chatbots educativos: Integración de la inteligencia artificial en la formación. *Revista Publicando*, 12. Obtenido de <https://www.revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/2481>

Cloud, G. (s.f.). *What is artificial intelligence?* Obtenido de Google Cloud:  
<https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence>

Ecured. (2008). *Tutores Inteligentes*. Obtenido de EcuRed:  
[https://www.ecured.cu/Tutores\\_inteligentes](https://www.ecured.cu/Tutores_inteligentes)

EduTec. (2024). Plataformas interactivas basadas en IA para la enseñanza de matemáticas en educación superior. *EduTec-e: Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 78, 89-103.  
Obtenido de <https://www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/3243>

Encinas, A. (2013). Aprendizaje autónomo en la formación de ingenieros: una propuesta metodológica. *Revista de Educación Matemática*, 25(2), 101-118.

Guo, L. W. (2021). Evolution and trends in intelligent tutoring systems research: a multidisciplinary and scientometric view. *Asia Pacific Education Review*, 22(3), 441-461.  
Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s12564-021-09697-7>

Hurtado Martínez, J., García Rodríguez, D., & Chará García, G. (13 de October de 2024). Diseño e implementación de un Chatbot de IA para la Enseñanza Personalizada de Python en estudiantes de Décimo Grado del Colegio Internacional Camino a la Cima: Evaluación de un Recurso Educativo Digital para el área STEAM. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/d0f7e5ad-0d02-490b-8382-d94c5fd95163/content>

Lopez Fernandez, M. (2025). *Historia de los chatbots: de ELIZA a ChatGPT*. Obtenido de AutomatizaPro: <https://www.automatizapro.com.ar/blog/historia-chatbots-eliza-chatgpt-2/>

Meneses Toro, I. (2024). DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN CHATBOT EDUCATIVO PARA MEJORAR LA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE EN LA PLATAFORMA EOL DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE. Santiago de Chile, Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/204897/Desarrollo-y-evaluacion-de-un-chatbot-educativo-para-mejorar-la-experiencia-de-aprendizaje-en-la-plataforma-EOL-de-la-Universidad-de-Chile.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Nature. (2025). The impact of LLM chatbots on learning outcomes in advanced driver assistance systems education. *Scientific Reports*, 15(1), 1-12. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41598-025-91330-3>

Ollama. (s.f.). *Ollama*. Obtenido de gemma3: <https://ollama.com/library/gemma3>

Plaza, L. F. (2016). Obstáculos presentes en modelación matemática: Caso ecuaciones diferenciales en la formación de ingenieros. *Revista Científica*, 25(1), 176-187. Obtenido de <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a1>

Predrag, J. (23 de April de 2023). *The History and Evolution of Virtual Assistants, from Simple Chatbots to Today's Advanced AI-Powered Systems*. Obtenido de tribulant: <https://tribulant.com/blog/software/the-history-and-evolution-of-virtual-assistants-from-simple-chatbots-to-todays-advanced-ai-powered-systems/>

Redilat. (2023). *Redilat*. Obtenido de ercepciones sobre el uso de inteligencia artificial en la educación en América Latina. Red de Innovación Educativa Latinoamericana.

Revista Retos de la Ciencia. (2024). El uso de ChatBots en educación: Un nuevo paradigma en la enseñanza digital. *Retos de la Ciencia*, 3(1), 45-59. Obtenido de <https://www.retosdelacienciaec.com/Revistas/index.php/retos/article/view/529>

SciELO México. (2024). Aplicaciones de la inteligencia artificial en la educación: Un enfoque basado en el aprendizaje adaptativo. *Revista de Educación y Tecnología*, 14(1), 64-79. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?lng=es&nrm=iso&pid=S2007-74672024000100645&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?lng=es&nrm=iso&pid=S2007-74672024000100645&script=sci_arttext)